

## Beschreibung

## Verfahren zur Ätzung eines Substrates

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, z.B. DRAM-Speicherchips, stellt sich die Aufgabe, sehr feine Strukturen  
10 in ein Substrat, wie z.B. einen Siliziumwafer einzubringen. Dazu werden u.a. Ätztechniken verwendet, bei denen Schichten des Substrates ganzflächig entfernt oder lithographisch erzeugte Maskenmuster in die darunterliegende Schicht übertragen werden.

15

Eine dabei häufig verwendete Technik ist das Nassätzen, bei dem das vom Substrat abgetragene Material in eine lösliche Verbindung überführt wird. Als Ätzmittel wird für Siliziumwafer häufig verdünnte Flusssäure (HF) verwendet. Das  
20 Nassätzen wird entweder mittels Sprühätzung oder mittels Tauchätzung durchgeführt, wobei die Substrate komplexe Schrittfolgen von Ätzen, Spülen und Trocknen durchlaufen.

Bei der Herstellung von DRAM-Speicherchips ist es bekannt,  
25 Siliziumwafer in einem Tank einer Reihe von Prozessschritten zu unterziehen, um Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen (Verhältnis von Tiefe bzw. Höhe der Struktur zu Breite der Struktur) herzustellen. Bei den sogenannten Deep Trenches für die DRAMs sind z.B. Aspektverhältnisse von 50 und größer  
30 möglich. Nasschemische Prozesssequenzen, die auf solche Aspektverhältnisse einwirken, werden in bekannter Weise in einem sogenannten Point of use Tank, in dem Siliziumwafer hintereinander einem ersten Ätzschritt mit verdünnter Flusssäure, einem ersten Spülschritt, einem zweiten  
35 Ätzschritt mit  $\text{NH}_4\text{OH}$  und einem zweiten Spülschritt unterzogen werden. Anschließend werden die Siliziumwafer getrocknet.

## 2

Der erste Ätzschritt dient dabei dem Abtragen einer nativen Oxidschicht auf der Siliziumwaferoberfläche. Der zweite Ätzschritt der Strukturvergrößerung (Aufweitung, Herstellung einer Bottle-Struktur).

5

Will man diese Prozessschritte aber auf ein Bench Tool übertragen, bei dem die Prozessschritte sequentiell in verschiedenen Tanks ausgeführt werden, so ergibt sich ein Problem aufgrund des notwendigen Transports der Siliziumwafer zwischen den Tanks. Nach dem ersten Ätzschritt mit der verdünnten Flusssäure ist die Oberfläche des Siliziumwafers hydrophob, so dass nach dem ersten Spülschritt die  $\text{NH}_4\text{OH}$  Lösung keinen ausreichenden Kontakt mit der Siliziumoberfläche bekommt, so dass das Ätzergebnis des zweiten Ätzschrittes unzureichend ist.

15

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem diese Probleme vermieden werden.

20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Dabei werden folgende Schritte durchlaufen:

25

a) Mindestens ein Substrat wird für einen ersten Ätzschritt für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit einem ersten Ätzmittel angeordnet, anschließend

30

b) wird mindestens ein Substrat für einen ersten Spülschritt für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit einem ersten Spülmittel angeordnet, wobei das erste Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und anschließend

35

c) mindestens ein Substrat für einen zweiten Ätzschritt für eine vorbestimmte Zeit in einen dritten Behälter mit einem

3

zweiten Ätzmittel angeordnet wird.

Durch die Verwendung des Netzmittels im ersten Spülschritt wird erreicht, dass die nachfolgende zweite Ätzung besser  
5 ausgeführt werden kann.

Anschließend ist es vorteilhaft, wenn mindestens ein Substrat nach dem zweiten Ätzschritt einem zweiten Spülschritt mit einem zweiten Spülmittel in einem vierten Behälter unterzogen  
10 wird. Vorteilhafterweise wird mindestens ein Substrat nach dem zweiten Spülschritt einem Trocknungsschritt unterzogen.

Mit Vorteil weist das erste Ätzmittel einen Anteil an Flusssäure auf. Auch ist es vorteilhaft, wenn das zweite  
15 Ätzmittel einen Anteil an Ammoniakhydrooxid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) aufweist. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist das erste Spülmittel das Netzmittel mit einer Konzentration im Bereich von 0,01 bis 0,1 Gew.-% auf.

Vorteilhafterweise wird im zweiten Ätzschritt mindestens eine Struktur mit einem Aspektverhältnis im Bereich von 10 bis 80 zur Strukturvergrößerung angeboten. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Struktur eine Deep Trench Struktur für eine DRAM-Speicherzelle ist. Die Oberflächenbehandlung von  
25 Strukturen mit großem Aspektverhältnis ist besonders wichtig, da die langen, schmalen Räume für das Ätzmittel u.U. schwierig zu erreichen sind.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die  
30 Figuren der Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A, B            Durchzeichnungen von Schnittansichten eines Substrates, das mit bekannter Prozessfolge in einem Point of use tank (Fig. 1A) und in  
35 einem Bench tool (Fig. 1B) behandelt wurde;

Fig. 2                    Ablaufschema einer Ausführungsform des  
Erfindungsgemäßen Prozesses;

5                    Fig. 3A,B,C,D       schematische Darstellung der Wirkung einer  
Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
Prozesses;

10                   In Fig. 1A, 1B wird dargestellt, welches Ergebnis die  
identische Abfolge von Prozessschritten beim Ätzen eines  
Siliziumwafers als Substrat 10 hat, einmal bei einem Point of  
Use Tank Verfahren (Fig. 1A), einmal bei einem Bench Tool  
Verfahren (Fig. 1B). In beiden Fällen wird kein Netzmittel  
zugesetzt.

15                   Die Verfahrensschritte sind hier: erster Ätzschritt mit  
verdünnter Flusssäure, erster Spülschritt, zweiter Ätzschritt  
mit  $\text{NH}_4\text{OH}$ , zweiter Spülschritt und Trocknungsschritt. Die  
Schnittansichten zeigen das Ätzergebnis nach dem  
Trocknungsschritt.

20                   In Fig. 1A sind sehr regelmäßige Strukturen 11 (hier Bottle-  
Trenches) mit einer Tiefe von  $6,09\text{ }\mu\text{m}$  zu erkennen. Das  
Aspektverhältnis beträgt hier ca. 44. Die gleiche Folge von  
Prozessschritten bei gleichen Bedingungen unter Verwendung  
25                   eines Bench Tools ergibt ein unbrauchbares Ergebnis, wie man  
anhand von Fig. 1B erkennen kann. Die im zweiten Ätzschritt  
erzeugten Strukturen 11 sind unregelmäßig. Der Grund liegt  
darin, dass nach dem ersten Ätzschritt mit Flusssäure die  
Oberfläche des Siliziumwafers 10 hydrophob ist, so dass das  
30                    $\text{NH}_4\text{OH}$  im zweiten Ätzschritt die Oberfläche nicht richtig in  
die tiefen Strukturen eindringen kann, was zu der schlechten  
Ätzqualität führt.

35                   Diese Problem wird durch eine Ausführungsform des  
erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst, die in Fig. 2  
dargestellt ist. Der erste Prozessschritt ist ein Ätzschritt

## 5

1 mit verdünnter Flusssäure zur Entfernung der Oxidschicht auf einem Siliziumwafer 10.

Der zweite Prozessschritt ist ein erster Spülschritt 2, wobei dem ersten Spülmittel ein Netzmittel (Surfactant; z.B. das Netzmittel Easywet) zugegeben wird, das bewirkt, dass im nachfolgenden zweiten Ätzschritt 3 das  $\text{NH}_4\text{OH}$  besser in die tiefen Strukturen eindringen kann. Das Netzmittel wird hier also nicht zum Reinigen von Oberflächen verwendet, sondern als Hilfsmittel zum Ätzen von Strukturen.

Anschließend wird ein zweiter Spülschritt 4 durchgeführt und anschließend ein Trocknungsschritt 5. Der so geätzte Siliziumwafer 10 kann dann weiter verarbeitet werden.

Wichtig ist, dass das Netzmittel hier nicht dem Reinigen der Oberfläche dient, sondern Teil eines Ätzprozesses ist.

In Fig. 3A, B, C, D ist die Wirkung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.

Nach dem ersten Ätzschritt 1 ist die Oberfläche des Siliziumwafers 10 hydrophob (Fig. 3A), so dass eine wässrige Lösung nicht in Strukturen eindringen kann. Dies ist durch den Tropfen auf dem Siliziumwafer symbolisiert. Durch den ersten Spülschritt 2, bei dem erfindungsgemäß dem ersten Spülmittel 12 ein Netzmittel zugesetzt wird, wird die Oberflächenspannung einer wässrigen Lösung herabgesetzt (Fig. 3B), so dass im zweiten Ätzschritt  $\text{NH}_4\text{OH}$  besser in die Strukturen 11 eindringen kann (Fig. 3C).

In Fig. 3D ist das reale Ätzergebnis anhand eines Details eines Grabens dargestellt. Im Vergleich zu Fig. 1B ist deutlich, dass hier eine anisotrope Ätzung erreicht wurde.

Auch wenn das Verfahren hier im Zusammenhang mit Grabenstrukturen beschrieben wird, so lässt es sich auch auf

6

Strukturen anwenden, die von der Oberfläche des Siliziumwafers abstehen (z.B. ridges).

5 Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Verfahren auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

10

## Bezugszeichenliste

	1	erster Ätzschritt
	2	erster Spülschritt mit Netzmittel
5	3	zweiter Ätzschritt
	4	zweiter Spülschritt
	5	Trocknungsschritt
	10	Substrat
10	11	Struktur im Substrat

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ätzung mindestens eines Substrates (10),  
5 insbesondere mindestens eines Siliziumwafers zur Herstellung  
von DRAM-Speicherchips, bei dem

a) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Ätzschritt  
(1) für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit  
10 einem ersten Ätzmittel angeordnet wird, anschließend

b) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Spülschritt  
(2) für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit  
einem ersten Spülmittel angeordnet wird, wobei das erste  
15 Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und  
anschließend

c) mindestens ein Substrat (10) für einen zweiten Ätzschritt  
(3) für eine vorbestimmte Zeit in eine dritten Behälter mit  
20 einem zweiten Ätzmittel angeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass für mindestens ein Substrat (10)  
nach dem zweiten Ätzschritt (3) ein zweiter Spülschritt mit  
25 einem zweiten Spülmittel in einem vierten Behälter erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass für mindestens ein Substrat (10)  
nach dem zweiten Spülschritt (3) ein Trocknungsschritt (5)  
30 erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass das erste Ätzmittel einen Anteil  
an Flusssäure aufweist.

35 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass das zweite Ätzmittel einen Anteil



an Ammoniakwasser ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch  
gekennzeichnet, dass das erste Spülmittel das  
5 Netzmittel mit einer Konzentration im Bereich von 0,01 bis  
0,1 Gew.-% enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass im zweiten Ätzschritt (3)  
10 mindestens eine Struktur (11) mit einem Aspektverhältnis im  
Bereich von 10 bis 50 in das Substrat (10) eingebracht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Struktur (11) mindestens eine  
15 Deep Trench Struktur für eine DRAM-Speicherzelle ist.

## Zusammenfassung

## Verfahren zur Ätzung eines Substrates

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ätzung mindestens eines Substrates (10), insbesondere mindestens eines Siliziumwafers zur Herstellung von DRAM-Speicherchips, bei dem
- 10 a) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Ätzschritt (1) für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit einem ersten Ätzmittel angeordnet wird, anschließend
- b) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Spülschritt (2) für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit einem ersten Spülmittel angeordnet wird, wobei das erste
- 15 Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und anschließend
- c) mindestens ein Substrat (10) für einen zweiten Ätzschritt (3) für eine vorbestimmte Zeit in einen dritten Behälter mit einem zweiten Ätzmittel angeordnet wird.

20

Fig. 3